

Docket No.: 50395-241

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Tsuneo NAKAHARA	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: December 09, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For: OPTICAL WAVEGUIDE INCORPORATING SUBMEDIA	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2003-004700, filed January 10, 2003

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: December 9, 2003

50395-241
NAKAHARA
December 9, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 1 0 日
Date of Application:

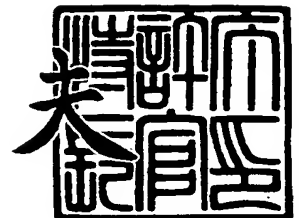
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 0 4 7 0 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 0 4 7 0 0]

出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 0 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 7 4 1 4 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0725

【提出日】 平成15年 1月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区元赤坂一丁目 3 番 1 2 号 住友電気工業株式会社内

【氏名】 中原 恒雄

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を導波させ得る光導波体であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布しており、光を導波させる為の径方向の屈折率プロファイルが前記主媒質の屈折率分布または前記微小領域の分布密度もしくはサイズに基づいて形成されている、ことを特徴とする光導波体。

【請求項 2】 光を導波させ得る光導波体であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布した中間体に対して光導波の為の屈折率プロファイルが付与されて製造される光導波体。

【請求項 3】 前記主媒質がガラスまたは樹脂であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光導波体。

【請求項 4】 前記副媒質が気体であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光導波体。

【請求項 5】 前記微小領域のサイズが導波光の波長に対して $1/10$ 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光導波体。

【請求項 6】 ファイバ形態を有していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光導波体。

【請求項 7】 光を導波させ得る光導波体を製造する方法であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布した中間体を作成する第 1 工程と、この中間体に対して光導波の為の屈折率プロファイルを付与する第 2 工程と、を備えることを特徴とする光導波体製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光を導波させ得る光ファイバ等の光導波体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光を導波させる光導波体である光ファイバは、例えば光通信システムにおいて光伝送路として用いられ、一般に、主成分である石英ガラス中に所定の添加物が径方向に所定の濃度分布で含有されたものであり、これにより径方向に屈折率プロファイルを有している。また、光ファイバは、組成に固有の材料分散特性を有する他、屈折率プロファイルに応じた構造分散特性を有しており、結局、これら材料分散特性と構造分散特性とを総合した波長分散特性は屈折率プロファイルに応じたものとなる。

【0003】

そして、屈折率プロファイルを適切に設計することにより、光ファイバの波長分散特性の設計が可能となる。例えば、標準的なシングルモード光ファイバは、波長 $1.3\ \mu\text{m}$ 付近において波長分散が 0 であり、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ において波長分散が $16\sim 20\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 程度である。また、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ において波長分散が負であってその絶対値が数十 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ である分散補償光ファイバも実現が可能である。また、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ において波長分散が数 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ である分散シフト光ファイバも実現が可能である。

【0004】

しかし、このような通常の光ファイバは、導波光のパワーが大きいと非線形光学現象に因り導波光の波形が劣化し、また、累積波長分散に因っても導波光の波形が劣化する。また、この通常の光ファイバは、添加物が含有されていることから、伝送損失の低減にも限界がある。

【0005】

一方、近年では、ファイバ軸方向に延びる副媒質が主媒質中に形成された光ファイバが提案されている（例えば特許文献 1 を参照）。この光ファイバは、ファイバ軸に垂直な断面で見たときにクラッド領域に一定間隔で副媒質（例えば空気）からなる領域が分布しており、各々の副媒質領域が軸方向に延在していて、フォトリックバンドギャップ構造を有している。そして、この光ファイバは、クラッド領域のフォトリックバンドギャップ構造における光のブラッグ反射を利用す

ることより、このクラッド領域に囲まれたコア領域内に導波光を閉じ込めて、該導波光を伝送することができる。このようなフォトリックバンドギャップ構造の光ファイバは、コア領域を空孔とすることができることから、伝送損失、非線形性および波長分散を低減できるものとして期待されている。

【0006】

【特許文献1】

特開 2000-35521 号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のフォトリックバンドギャップ構造の光ファイバは、コア領域や副媒質領域が軸方向に連続的に延在することから、コア領域や副媒質領域が空孔である場合に端部から該空孔内に異物が浸入して、この異物により光学特性が劣化する場合がある。それ故、この光ファイバは、異物浸入を防止するために両端を封止する必要がある、端部処理が面倒である。

【0008】

また、このフォトリックバンドギャップ構造の光ファイバは、フォトリックバンドギャップ構造における光のブラッグ反射を利用して導波光をコア領域に閉じ込めるものであることから、フォトリックバンドギャップ構造の領域中にも導波光のエネルギーが存在して、伝送損失、非線形性および波長分散を充分には低減することができない。

【0009】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ端部処理が容易な光導波体（光ファイバ等）を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光導波体は、光を導波させ得る光導波体であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布しており、光を導波させる為の径方向の屈折率プロファイルが

主媒質の屈折率分布または微小領域の分布密度もしくはサイズに基づいて形成されていることを特徴とする。或いは、本発明に係る光導波体は、光を導波させ得る光導波体であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布した中間体に対して光導波の為の屈折率プロファイルが付与されて製造されるものである。この光導波体は、多数の低屈折率の副媒質からなる微小領域が主媒質中に軸方向および径方向に分布していて、光を導波させる為の径方向の平均屈折率プロファイルが主媒質の屈折率分布または微小領域の分布密度もしくはサイズに基づいて形成されているので、伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ、また、端部処理が容易である。

【0011】

本発明に係る光導波体は、主媒質がガラスまたは樹脂であるのが好適であり、また、副媒質が気体であるのが好適である。微小領域のサイズが導波光の波長に対して $1/10$ 以下であるのが好適である。また、本発明に係る光導波体は、ファイバ形態を有していれば、長尺化が容易となり、光伝送路として用いるのに好適である。

【0012】

本発明に係る光導波体製造方法は、光を導波させ得る光導波体を製造する方法であって、主媒質中にこの主媒質の屈折率より小さい屈折率を有する副媒質からなる微小領域が軸方向および径方向に分布した中間体を作成する第1工程と、この中間体に対して光導波の為の屈折率プロファイルを付与する第2工程と、を備えることを特徴とする。この製造方法によれば、第1工程および第2工程を順に経て上記の本発明に係る光導波体が製造され得る。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0014】

先ず、本発明に係る光導波体の第1実施形態について説明する。図1は、第1実施形態に係る光導波体（光ファイバ）10の断面図である。同図（a）はファイバ軸Cに垂直な断面を示し、同図（b）はファイバ軸Cを含む断面を示す。この図に示されるように、この光ファイバ10は、外観上は従来の光ファイバと同様の形態を有していて、軸Cに垂直な断面の外形が円形で、軸C方向に長い。

【0015】

この光ファイバ10は、主媒質11中に多数の副媒質からなる微小領域12が軸C方向および径方向に分布したものである。すなわち、各微小領域12は、軸C方向に延在していない。主媒質11の屈折率より副媒質12の屈折率の方が小さい。主媒質11は例えば石英ガラスからなる。各微小領域12中の副媒質は、真空であり、または、不活性ガスや空気などの気体である。各微小領域12は、ほぼ球形状の領域である。また、微小領域12は、複数の球形状の領域が重なった（一部重なった）形状である場合もある。

【0016】

各微小領域12のサイズ（直径）は、この光ファイバ10を導波する光の波長に対して $1/10$ 以下（好適には $1/100$ 以下、更に好適には $1/1000$ 以下）である。例えば、導波光の波長が $1.55\mu\text{m}$ 帯であれば、各微小領域12のサイズは 150nm 以下（好適には 15nm 以下、更に好適には数 nm 程度）である。

【0017】

また、主媒質11中の微小領域12の分布は、主媒質11中で軸方向および径方向に略均一となっている。また、軸Cからの径方向の距離 r に応じて主媒質11の屈折率は変化しており、例えば、距離 r が大きくなるに従い主媒質11の屈折率は小さくなる。そして、この主媒質11の屈折率分布に基づいて、光ファイバ10の径方向の平均屈折率プロファイルが形成されている。この平均屈折率プロファイルは、光を導波させることができる形状となっている。なお、平均屈折率は、主媒質11および微小領域12中の副媒質それぞれの屈折率、ならびに、主媒質11および微小領域12それぞれの容積分率から、計算により得られる。

【0018】

図2は、第1実施形態に係る光ファイバ10の平均屈折率プロファイルの説明図である。同図(a)～(c)それぞれにおいて、横軸は径方向位置を示し、縦軸は平均屈折率を示す。光ファイバ10の平均屈折率プロファイルは、同図(a)に示されるようにステップインデックス型であってもよいし、同図(b)に示されるようにグレーディッドインデックス型であってもよいし、或いは、同図(c)に示されるように径方向距離 r が大きくなるに従い平均屈折率が連続的に漸減する型であってもよい。また、この平均屈折率プロファイルは、例えば、ガウス関数またはラゲール関数で表される径方向の光エネルギー分布を与えるものが好適である。

【0019】

このように第1実施形態に係る光ファイバ10は、多数の低屈折率の副媒質からなる微小領域12が主媒質11中に軸方向および径方向に分布していて、光を導波させる為の径方向の平均屈折率プロファイルが主媒質11の屈折率分布に基づいて形成されている。光ファイバ10は、以上のように構成されていることで、伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ、また、端部処理が容易である。また、この光ファイバ10は材料分散も小さい。

【0020】

次に、本発明に係る光導波体の第2実施形態について説明する。図3は、第2実施形態に係る光導波体(光ファイバ)20の断面図である。同図(a)はファイバ軸Cに垂直な断面を示し、同図(b)はファイバ軸Cを含む断面を示す。この図に示されるように、この光ファイバ20は、外観上は従来の光ファイバと同様の形態を有していて、軸Cに垂直な断面の外形が円形で、軸C方向に長い。

【0021】

この光ファイバ20は、主媒質21中に多数の副媒質からなる微小領域22が軸C方向および径方向に分布したものである。すなわち、各微小領域22は、軸C方向に延在していない。主媒質21の屈折率より副媒質22の屈折率の方が小さい。主媒質21は例えば石英ガラスからなる。各微小領域22中の副媒質は、真空であり、または、不活性ガスや空気などの気体である。各微小領域22は、ほぼ球形状の領域である。また、微小領域22は、複数の球形状の領域が連なっ

た（一部重なった）形状である場合もある。

【0022】

各微小領域22のサイズ（直径）は、この光ファイバ20を導波する光の波長に対して $1/10$ 以下（好適には $1/100$ 以下、更に好適には $1/1000$ 以下）である。例えば、導波光の波長が $1.55\mu\text{m}$ 帯であれば、各微小領域12のサイズは 150nm 以下（好適には 15nm 以下、更に好適には数 nm 程度）である。

【0023】

また、主媒質21中の微小領域22の分布密度またはサイズは、主媒質21中で径方向に変化している。そして、この微小領域22の分布密度およびサイズに基づいて、光ファイバ20の径方向の平均屈折率プロファイルが形成されている。この平均屈折率プロファイルは、光を導波させることができる形状となっている。なお、平均屈折率は、主媒質21および微小領域22中の副媒質それぞれの屈折率、ならびに、主媒質21および微小領域22それぞれの容積分率から、計算により得られる。

【0024】

例えば、軸Cからの距離 r が大きくなるに従い、微小領域22の分布密度は次第に大きくなっていき、平均屈折率は次第に小さくなっていく。そして、光ファイバ20の径方向の平均屈折率プロファイルは、図2に示されたように、ステップインデックス型、グレーディドインデックス型、または、径方向距離 r が大きくなるに従い平均屈折率が連続的に漸減する型であってもよい。また、この平均屈折率プロファイルは、例えば、ガウス関数またはラゲール関数で表される径方向の光エネルギー分布を与えるものが好適である。

【0025】

このように第2実施形態に係る光ファイバ20は、多数の低屈折率の副媒質からなる微小領域22が主媒質21中に軸方向および径方向に分布していて、光を導波させる為の径方向の平均屈折率プロファイルが微小領域22の分布密度またはサイズに基づいて形成されている。光ファイバ20は、以上のように構成されていることで、伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ、また

、端部処理が容易である。また、この光ファイバ20は材料分散も小さい。このような光ファイバ20は、フェムト秒パルスレーザのように波長帯域の広い光源に好適である。

【0026】

なお、上記の実施形態の光ファイバ10、20は、フェムト秒パルスレーザ光を伝送する光伝送路として好適に用いられ得る。すなわち、フェムト秒パルスレーザ光は広帯域で高パワーであるが、光ファイバ10、20は、伝送損失、非線形性および波長分散が低減されたものであるので、そのような伝送損失、非線形性および波長分散を高品質に伝送することができる。

【0027】

次に、本実施形態に係る光ファイバの製造方法の例について説明する。本実施形態に係る光ファイバは、主媒質中に多数の副媒質からなる微小領域が分布した繊維状の物（中間体）を作成する第1工程と、この繊維状の物に対して光導波の為の屈折率プロファイルを付与する第2工程と、を含む製造方法により製造される。例えば、第1工程として、ゾル・ゲル法を用いる工程が挙げられる。また、第2工程として、高パワーのレーザ光（例えばYAGレーザ光やフェムト秒パルスレーザ光）の非線形性に因る自己収束性を利用して主媒質に屈折率分布を付与する工程、または、外部の側方からX線、紫外線または粒子線などのエネルギー線を中央部に部分的に照射することで主媒質の材料改質を所定の分布で行なう工程が挙げられる。

【0028】

ゾル・ゲル法に拠る第1工程では、先ず、軸中心を含み軸方向に延在する中空領域を有するガラスからなる繊維状物が用意される。この中空領域の外形は10 μ m以上であるのが好適である。また、この繊維状物では、側面に接する空間と中空領域との間を繋ぐ複数の貫通領域も形成されている。これら複数の貫通領域を介して中空領域に、ガラス微細粉末を含む溶液が浸透される。中空領域に浸透されて充填された溶液は、ゾル・ゲル法を経て、主媒質（ガラス）中に多数の副媒質（空孔）が分布したものとなる。そして、第2工程において、高パワーレーザ光の自己収束またはエネルギー線の照射により、主媒質に屈折率分布が付与され

て、光ファイバの径方向の屈折率プロファイルが形成される。さらに、光ファイバの機械的強度を補強するために、この光ファイバの外周表面に紫外線硬化樹脂や熱硬化樹脂を塗布して硬化させるのが好適である。或いは、この光ファイバの外周表面に、ガラス、カーボン、結晶性樹脂等の繊維を接着性樹脂で固めた物質を塗布するのも好適である。

【0029】

文献「寺境、”超臨界二酸化炭素抽出による芳香族ポリアミドエアロゲルの作成”、日本化学会秋季年会2001年9月20日～23日、2P5A-09」に記載されているように、繊維状物の中空領域に充填される溶液は、例えば、p-フェニレンジアミン（PD）または4,4'-ジアミノジフェニルエーテル（ODA）と、トリメシン酸（TMA）と、縮合剤としての亜リン酸トリフェニルおよびピリジンと、重合溶媒としてのN-メチルピロリドン（NMP）と、を含むものが用いられる。この溶液が繊維状物の中空領域に浸透され充填されて、重合溶媒であるNMPがエタノールで溶媒置換された後、超臨界二酸化炭素抽出によりポリアミドエアロゲルが作成される。溶媒置換により80%～90%程度までゲルが収縮し、超臨界乾燥後のゲルのサイズはゲル調整時の70%～76%程度となる。また、溶媒置換後に自然乾燥させると、47%程度までゲルが収縮する。これにより形成される細孔（微小領域）の半径は10nm程度であり、微小領域の占有割合は90%以上となり得る。

【0030】

或いは、本実施形態に係る光ファイバは、以下の製造方法によっても製造され得る。例えば、主媒質（例えば石英ガラス）中に多数のダミー媒質からなる微小領域が分布した繊維状の物を分相法により作成して、このダミー媒質をリーチング法により除去する。その後、高パワーのレーザ光（例えばYAGレーザ光やフェムト秒パルスレーザ光）の非線形性に因る自己収束性を利用して主媒質に屈折率分布を付与することで、または、外部の側方からX線、紫外線または粒子線などのエネルギー線を中央部に部分的に照射することで主媒質の材料改質を所定の分布で行なうことで、光ファイバの径方向の屈折率プロファイルを形成する。このようにして製造される光ファイバの副媒質領域は、ダミー媒質が除去された領域

となる。

【0031】

或いは、主媒質（例えば石英ガラス）中に多数の高分子からなる微小領域が分布した繊維状の物を作成して、この高分子を焼却により除去する。その後、この繊維状の物に発泡剤を所定の分布で注入し、この発泡剤を加熱により発泡させることにより、光ファイバの径方向の屈折率プロファイルを形成する。このようにして製造される光ファイバの副媒質領域は、発泡剤が膨らんだ領域となる。

【0032】

或いは、主媒質中に多数の副媒質からなる微小領域が分布した繊維状の物を粒子焼結・内部抽出法により作成する。その後、高パワーのレーザ光（例えばYAGレーザ光やフェムト秒パルスレーザ光）の非線形性に因る自己収束性を利用して主媒質に屈折率分布を付与することで、または、外部の側方からX線、紫外線または粒子線などのエネルギー線を中央部に部分的に照射することで主媒質の材料改質を所定の分布で行なうことで、光ファイバの径方向の屈折率プロファイルを形成してもよい。

【0033】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、光導波体は、上記実施形態ではファイバ形態のものであったが、平面基板上に形成された光導波路であってもよい。また、光導波体の主媒質は、上記実施形態では石英ガラスであったが、他のガラスであってもよいし、樹脂であってもよい。

【0034】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光導波体は、多数の低屈折率の副媒質からなる微小領域が主媒質中に軸方向および径方向に分布していて、光を導波させる為の径方向の平均屈折率プロファイルが主媒質の屈折率分布または微小領域の分布密度もしくはサイズに基づいて形成されているので、伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ、また、端部処理が容易である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施形態に係る光導波体（光ファイバ）10の断面図である。

【図 2】

第 1 実施形態に係る光ファイバ10の平均屈折率プロファイルの説明図である

。

【図 3】

第 2 実施形態に係る光導波体（光ファイバ）20の断面図である。

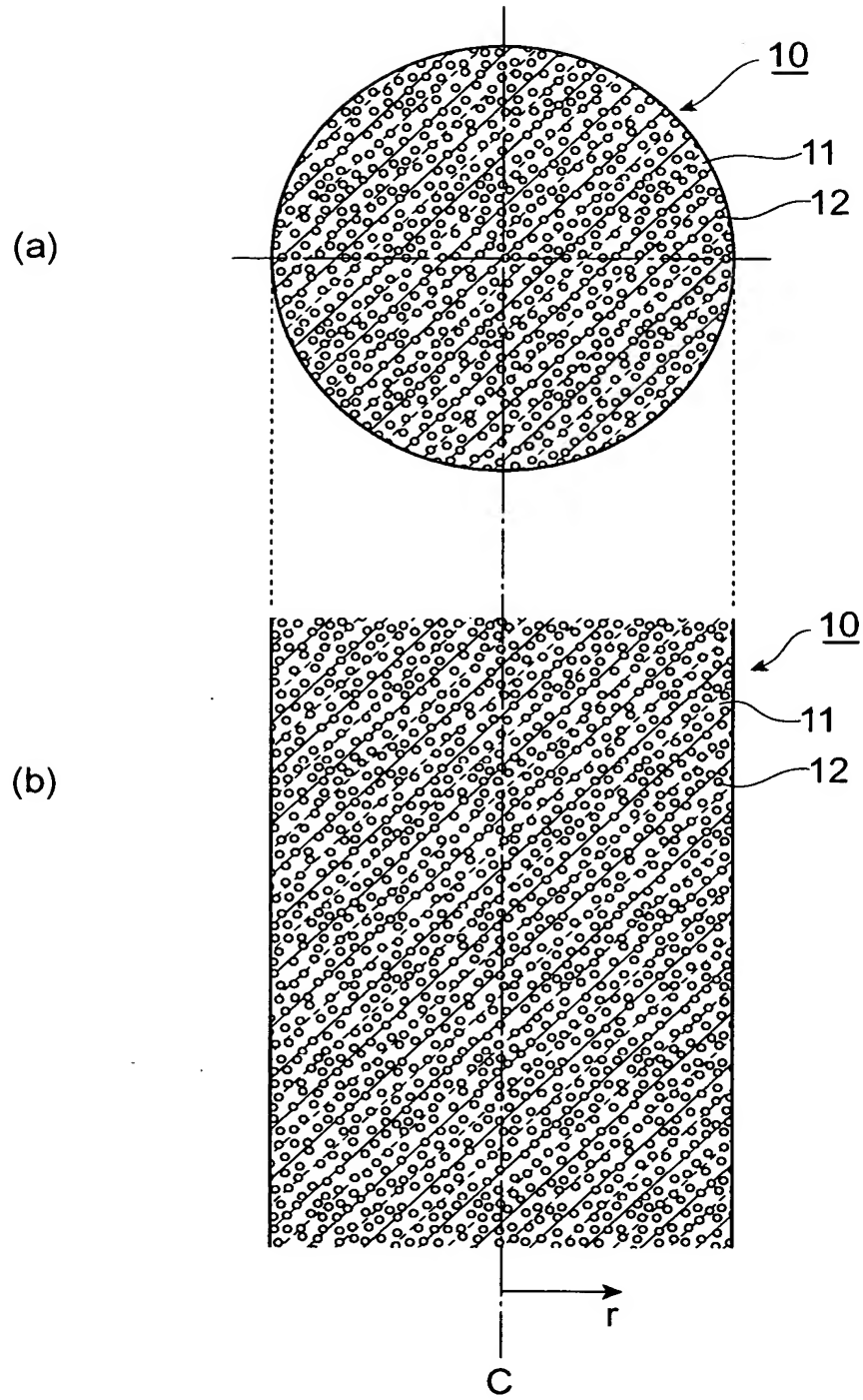
【符号の説明】

10…光ファイバ、11…主媒質、12…副媒質からなる微小領域、20…光ファイバ、21…主媒質、22…副媒質からなる微小領域。

【書類名】

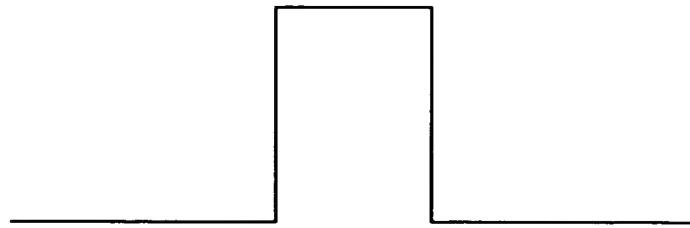
図面

【図 1】

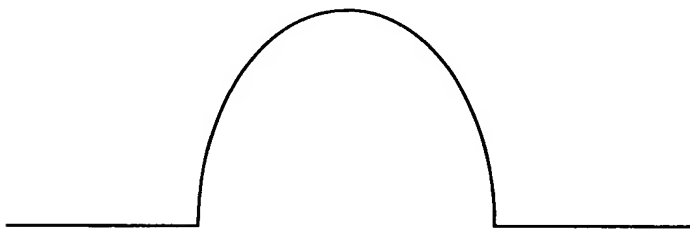


【図 2】

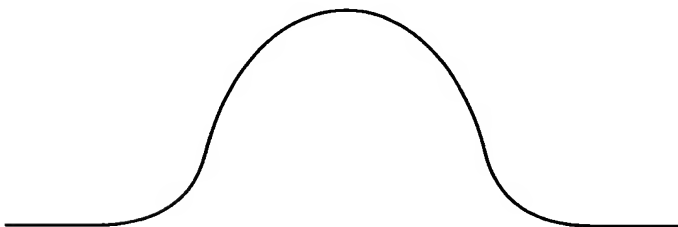
(a)



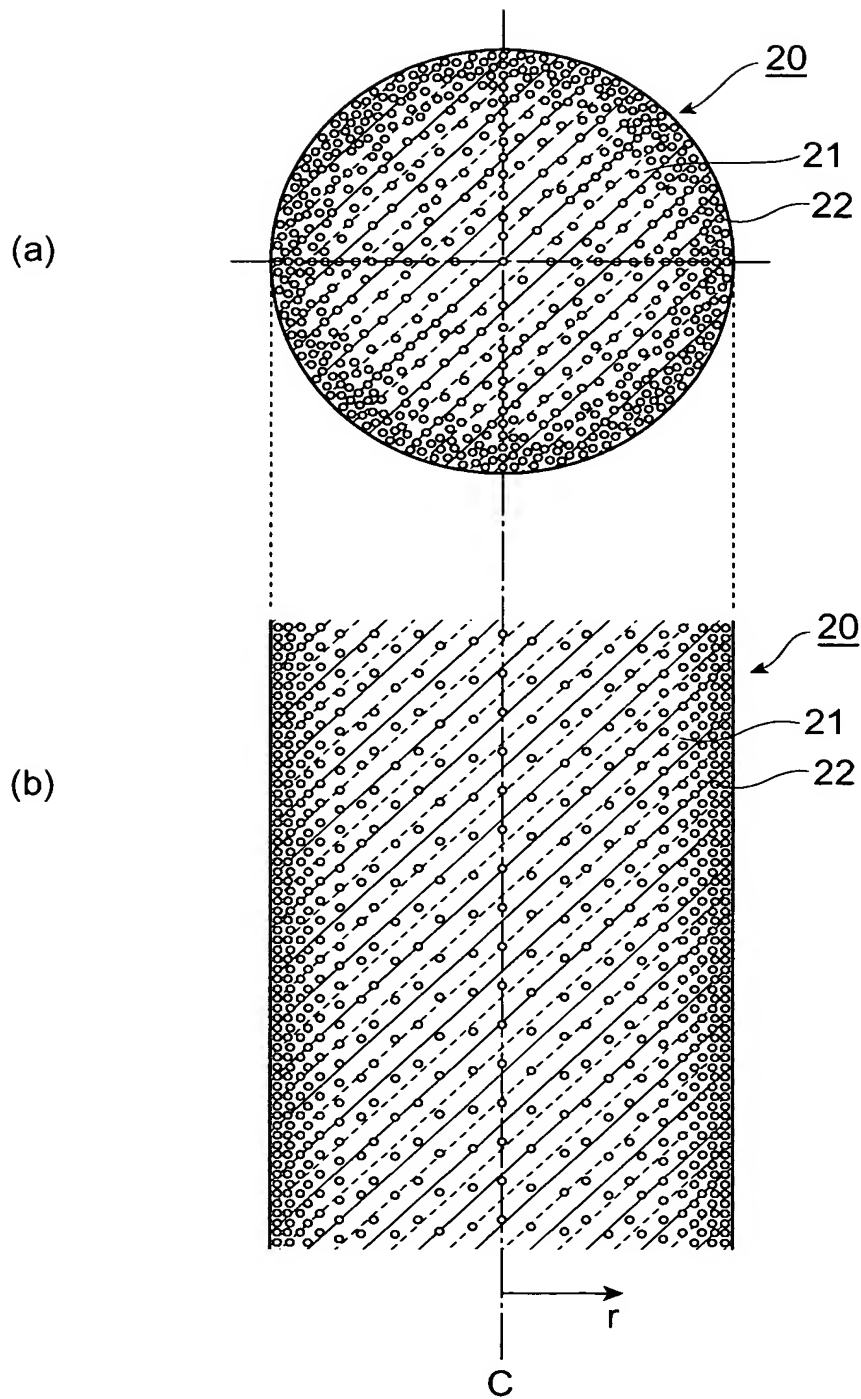
(b)



(c)



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 伝送損失、非線形性および波長分散を低減することができ端部処理が容易な光導波体（光ファイバ等）を提供する。

【解決手段】 光ファイバ 10 は、主媒質 11 中に多数の副媒質からなる微小領域 12 が軸 C 方向および径方向に分布したものである。各微小領域 12 は、軸 C 方向に延在していない。主媒質 11 の屈折率より副媒質 12 の屈折率の方が小さい。主媒質 11 は例えば石英ガラスからなる。各微小領域 12 中の副媒質は、真空であり、または、不活性ガスや空気などの気体である。主媒質 11 中の微小領域 12 の分布は、主媒質 11 中で軸方向および径方向に略均一となっている。軸 C からの径方向の距離 r に応じて主媒質 11 の屈折率は変化している。この主媒質 11 の屈折率分布に基づいて、光ファイバ 10 の光を導波させる為の径方向の平均屈折率プロファイルが形成されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 0 4 7 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社